

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»
(ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий каф. РЭТЭМ
_____ В.И. Туев
« ____ » _____ 2016 г.

ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СВЕТОТЕХНИКЕ
Учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ для
магистрантов, обучающихся по направлениям подготовки
11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» и
27.04.04 «Управление в технических системах»

Разработали:
Ассистент каф. РЭТЭМ
_____ Ю.В. Ряполова

Магистр каф. РЭТЭМ
_____ К.Н. Афонин

Доцент каф. РЭТЭМ
_____ В.С. Солдаткин

Заведующий каф. РЭТЭМ
_____ В.И. Туев

Томск 2016

Ряполова Ю.В., Афонин К.Н., Солдаткин В.С., Туев В.И., Полимерные материалы в светотехнике: Учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ для магистрантов. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. – 14 с.

Настоящие учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ составлено с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) для магистров, обучающихся по направлениям подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» и 27.04.04 «Управление в технических системах». Содержит описание двух лабораторных работ по основным разделам курса «Технология сборки и монтажа мощных светоизлучающих изделий» и направлено на формирование у студентов следующих умений и навыков:

Уметь:

- контролировать и анализировать основные электрические, оптические и механические параметры полупроводниковых наногетероструктур

Владеть:

- навыками контроля и анализа основных параметров полупроводниковых наногетероструктур, сопоставления параметров с мировыми достижениями в данной области и оценку применимости в технологическом процессе изготовления светодиодных кристаллов и светодиодов на их основе.

СОДЕРЖАНИЕ

Требования к технике безопасности.....	4
Лабораторная работа №1 ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	7
Лабораторная работа №2 МОНТАЖ И ГЕРМЕТИЗАЦИЯ СВЕТОДИОДНОГО КРИСТАЛЛА ПРИ ПОМОЩИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДА	10

Требования к технике безопасности

Перед началом лабораторных работ студенты должны получить инструктаж по технике безопасности в лаборатории и ознакомиться с правилами эксплуатации приборов и другого оборудования, используемого при выполнении работ. Инструктаж проводит преподаватель, ведущий занятия. После проведения инструктажа студент расписывается в регистрационном журнале о том, что он ознакомлен с правилами безопасной работы в лаборатории и обязуется их выполнять. Студенты не прошедшие инструктаж к работе не допускаются. Студенты, замеченные в нарушении настоящих правил, отстраняются от выполнения лабораторных работ.

Требования безопасности перед началом и окончанием работы

Каждый студент должен:

1. Знать расположение общих рубильников силовой сети напряжением 220 вольт, частотой 50 Гц для того, чтобы в случае необходимости быстро отключить питание от лабораторных установок;
2. Изучить описание лабораторной работы и инструкции к используемым приборам;
3. Ознакомиться с макетом установки;
4. Проверить наличие заземления на каждом приборе, подлежащем заземлению. В случае отсутствия заземления сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией;

Запрещается:

- Включать в сеть приборы, вращать ручки настройки без разрешения преподавателя;
- Переставлять приборы из установки;
- Разбирать схемы, вскрывать приборы и т.д.;
- Начинать проведение эксперимента без разрешения преподавателя;
- Загромождать рабочее место и установку одеждой, сумками и др. посторонними предметами.

5. Перед началом эксперимента получить допуск у преподавателя.

6. В присутствии преподавателя включить приборы, входящие в установку, в соответствии с инструкциями к приборам и описанием лабораторной работы. Если приборы не работают, сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией.

7. При нарушении нормальной работы прибора (сильное зашкаливание, характерный запах горелого и т.п.) немедленно отключить прибор и сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией;

Запрещается:

- Работать с незаземленными и неисправными приборами.
 - Самим проводить устранение неисправностей.
 - Оставлять без наблюдения включенные приборы.
8. Если работа выполнена полностью и правильно, то по указанию преподавателя выключить приборы в соответствии с инструкцией и привести в порядок рабочее место.

Требования безопасности в аварийных ситуациях

1. При появлении запаха гари, дыма или возгорания принять меры по обнаружению источника возгорания и его ликвидации;
2. В случае пожара обесточить помещение, вызвать по телефону 01 пожарную охрану, произвести эвакуацию людей, сообщить администрации о случившемся и приступить к тушению пожара с помощью имеющихся средств пожаротушения;
3. В случае поражения человека электрическим током, необходимо быстро освободить пострадавшего от действия тока. Вызвать врача. Если пострадавший находится без сознания, то нужно привести его в сознание, давая нюхать нашатырный спирт, если пострадавший плохо дышит, начать делать искусственное дыхание и массаж сердца и продолжать их делать до прибытия врача;
4. В случае затопления помещения водой необходимо обесточить помещение, вызвать сантехника, вынести ценное оборудование и при необходимости сообщить администрации о случившемся.

Порядок оформления работ

В процессе выполнения лабораторной работы студент должен наблюдать за ходом эксперимента, отмечая все его особенности: изменение цвета, тепловые эффекты, выделение газа и т.д. Результаты наблюдений записывают в лабораторный журнал, придерживаясь определенной последовательности:

- название лабораторной работы, дата выполнения;
- цель работы;
- краткая теория вопроса;
- результаты эксперимента;
- выводы по результатам работы.

Записи в лабораторном журнале производят чернилами.

Отчет оформляется в соответствии с требованиями ОС ТУСУР 01-2013. Пример оформления титульного листа приводится в приложении А.

Для оформления Отчета также необходимо ознакомиться со следующими стандартами:

ГОСТ 7.12-93 ССИБИД. Сокращение русских слов и словосочетаний в библиографическом описании произведений печати.

ГОСТ 7.32-91 ССИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

Лабораторная работа №1
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Краткая теория

Посадка (монтаж) кристаллов может осуществляться двумя способами – с помощью эвтектических сплавов или с использованием адгезивов. Операция должна обеспечить прочное закрепление кристалла на знакоместе и необходимый теплоотвод. Для кристаллов объемной структуры также необходимо надежное электрическое соединение.

При монтаже на эвтектику применяют сплавы золото-германий и золото-кремний. Первый эвтектический сплав содержит 88% золота и 12% германия, температура плавления составляет 356 °С. Второй сплав содержит 94% золота и 6% кремния, температура плавления 370 °С. В производстве чаще всего применяют золото-германий, так как второй сложен в приготовлении и подвержен частому расслоению. Пайка происходит при температурах около 410 °С в нейтральной атмосфере (азот) для уменьшения окислительных процессов припоя.

Для монтажа кристаллов на адгезивы применяют разные полимеры с наполнителями или без них, например, эпоксидные смолы. Составы разделяют на токопроводящие и диэлектрические. Токопроводящие клеи в качестве наполнителя содержат металл (серебро, алюминий) в виде порошка с микро- и наноразмерными частицами. Отверждается такой клей в течение часа при температуре около (170 – 180) °С. Диэлектрические адгезивы полимеризуются на протяжении того же времени при температуре около (130 – 150) °С.

В настоящее время наиболее распространенным является метод посадки кристалла на адгезив ввиду его простоты и экономичности. Он позволяет получать надежные соединения как для кристаллов планарной структуры, так и для объемной и не требует сложного технологического оборудования. Также этот метод является предпочтительным из-за использования более низкой температуры.

Оборудование и оснастка для выполнения лабораторной работы

1. Профилметр контактный, модели 130

Прибор предназначен для измерения профиля и параметров шероховатости по системе средней линии в соответствии с диапазоном значений, предусмотренными ГОСТ 2789-73.

Действие прибора основано на принципе ощупывания неровностей измеряемой поверхности щупом (алмазной иглой) в процессе перемещения индуктивного датчика вдоль измеряемой поверхности и последующего преобразования возникающих при этом механических колебаний щупа в цифровой сигнал. В комплект поставки прибора входит индуктивный датчик с опорой на измеряемую поверхность. Датчик закрепляется в электромеханическом приводе, с помощью которого он перемещается по горизонтальной измеряемой поверхности. В вертикальном направлении, для обеспечения контакта датчика с измеряемой деталью, привод с датчиком устанавливается непосредственно на детали или на стойке, на которой также устанавливается измеряемая деталь. Питание датчика, управление приводом, формирование и обработка сигнала и измерительной информации осуществляется с помощью информационно-вычислительного блока, выполненного в виде платы, встраиваемой в компьютер, привод или в выносной блок компьютера. Управление профилометром осуществляется с клавиатуры привода или персонального компьютера. Данные с прибора могут быть обработаны посредством специального программного обеспечения, которое производит расчет параметров шероховатости, задавая требуемые условия измерений, выводит на экран профилограмму измеренного профиля, выделяет на ней отдельные участки и производит расчет значений параметров шероховатости, выделяет отдельные элементы профиля и определяет их геометрические параметры (линейные размеры, углы наклона), а также производит накопление и хранение результатов измерений и их статистическую обработку.

2. Металлическая подложка
3. Диэлектрический или электропроводящий клей
4. Микроскоп
5. Электропечь

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Подготовить металлическую подложку. Протереть спиртом.
2. Под микроскопом нанести на подложку тонким слоем клей.
3. Поместить подложку в электропечь для отверждения клея. Выставить температуру 170 – 180 °С. Сушить в течение часа. Затем остудить до комнатной температуры.
4. Провести измерения профиля и параметров шероховатости на профилометре.
5. Оцените погрешности измерений.
6. Выполните анализ результатов измерений. Результаты сравните с допустимыми значениями параметров и дайте заключение о годности детали по контролируемому

параметру.

7. Оформить отчет о работе.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные параметры шероховатости поверхности.
2. Каково назначение образцов шероховатости поверхности?
3. В чем заключается принцип измерения шероховатости профилометром моледи

130?

Лабораторная работа №4

МОНТАЖ И ГЕРМЕТИЗАЦИЯ СВЕТОДИОДНОГО КРИСТАЛЛА ПРИ ПОМОЩИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДА

Краткая теория

В современных СД, в большинстве случаев используют кристалл синего цвета свечения и фотолуминофор жёлтого свечения с полушириной спектра порядка 110 нм. Это наиболее эффективный и дешёвый метод, т.к. КПД фотолуминофора на основе YAG и YGG достигает 90%. Для повышения индекса цветопередачи используют смесь люминофоров. В качестве базового используют люминофоры типа YAG или YGG и добавляют в композицию красные и зелёные люминофоры (нитридные и силикатные).



Рисунок 7. Процесс формирования излучения СД с кристаллом синего свечения и люминофором

Световая отдача светодиода является основной характеристикой эффективности светодиода – это отношение излучаемого светового потока к затраченной электрической мощности:

$$n = \Phi_v / (I \times U), \quad (37)$$

где, Φ_v – световой поток излучённый светодиодом.

$$\Phi_v = 683 \times P \times k(\lambda), \quad (38)$$

где, P – оптическая мощность излучения,

$k(\lambda)$ – коэффициент чувствительности человеческого глаза к оптическому излучению с длиной волны λ . Связь световой отдачи СД и люминофора выражается по формуле:

$$[(x_w - x_b)^2 + (y_w - y_b)^2]^{1/2} n_b = [(x_w - x_e)^2 + (y_w - y_e)^2]^{1/2} n_e, \quad (39)$$

где n_b и n_e – световые отдачи прошедшего через люминофор синего излучения СД и возбуждённого жёлтого излучения люминофора,

x_w и y_w – цветовые координаты белого цвета,

x_b и y_b – цветовые координаты синего излучения,

x_e и y_e – цветовые координаты излучения люминофора.

Из формулы 11 видно, что на графике цветов МКО можно провести прямую, соединяющую цветовые координаты излучения кристалла СД и цветовые координаты люминофора, затем, варьируя интенсивность излучения кристалла или концентрацию люминофора, определить цветовые координаты белого цвета СД. Также можно оценить зависимость световой отдачи СД белого свечения от концентрации люминофора или интенсивности излучения кристалла. График цветов МКО и формула показывают, что наиболее эффективным для изготовления СД с кристаллом синего свечения является использование люминофоров с максимумом излучения в жёлто-зелёной области оптического спектра. Люминофоры, излучающие в жёлто-зелёной области оптического спектра и возбуждающиеся от воздействия излучением в синей области оптического спектра, имеют кристаллическую решётку типа гранат, в узлах которой находятся атомы иттрия, алюминия и гадолиния.

Люминофор представляет собой порошок с частицами размерами 6 – 15 мкм. Частицы люминофора состоят из кристаллов $((Y_{1-a} Gd_a) Al_5 O_{12} \times Ce^{3+} (YGG))$. Кристаллическая решетка YAl_5O_{12} активирована атомами Ce. Gd позволяет сместить максимум спектра излучения в длинноволновую область, Ga в коротковолновую, к тому же Ga повышает временную стабильность люминофора. YGG (YAG) имеет неравновесные состояния кристаллической решетки и при воздействии излучения с длиной волны 450 – 465 нм электроны возбуждаются на высокие энергетические уровни, а затем переходят на равновесные с выделением энергии путём излучения фотона.

Два основных механизма работы люминофора:

1. Поглощение излучения люминесцентными центрами (активаторами и примесями) – переход электронов на более высокие энергетические уровни либо отрыв электрона от активатора, что приводит к образованию дырки.

2. Поглощение основой люминофора – образуются электроны и дырки. Дырки могут мигрировать по кристаллу и локализоваться на центрах люминесценции. Излучение происходит при возвращении электрона на более низкие энергетические уровни или при рекомбинации электронов и дырок. Ширина запрещённой зоны может составлять 1 – 10 эВ.

Для нанесения люминофора в светодиод используют связующие компоненты. Такими компонентами являются оптически прозрачные компаунды на основе силикона или эпоксидной смолы, а также пластины из поликарбоната.

Как правило, квантовый выход из композиции люминофора и связующего компонента, в котором он растворён, выше в твёрдых растворах, чем в жидких, так как с повышением вязкости уменьшается вероятность безызлучательных процессов возбуждения через внутреннюю конверсию. Но в твёрдых растворах возможен эффект поляризации так

как частицы люминофора «зажаты» между упорядоченными молекулами растворителя.

Для люминофора характерно температурное тушение и концентрационное.

У люминофоров *YGG* (*YAG*) ширина запрещенной зоны достигает более 3.8эВ, а основа люминофора имеет показатель преломления $1,50 \leq n_{фл} \leq 1,85$. Люминофоры, удовлетворяющие таким условиям, предпочтительно использовать для изготовления СД белого свечения.

Оборудование и оснастка для выполнения лабораторной работы

1. Измеритель светового потока "ТКА-КК1" ТУ 4486-016-16796024-2011

Прибор предназначен для измерения полного светового потока светодиодов в видимой области спектра (от 380 до 780 нм) по методу "интегрирующей сферы" ("сферы Ульбрихта"). Конструктивно прибор состоит из двух функциональных блоков. Диаметр сферы 140 мм, приёмник света – фотодиод, размещённый в нижней полусфере. Измерительный блок выполнен в виде шара на жёстком основании, шар является "интегрирующей сферой". В нём имеется входной тубус для установки светодиодов диаметром до 14 мм и сменных диафрагм, входящих в комплект, для позиционирования светодиодов диаметрами 3,5,9 мм.

Основные технические характеристики:

- диапазон измерения светового потока 1 - 200 000 мЛм;
- основная относительная погрешность измерения светового потока, не более 10,0%;
- время непрерывной работы прибора не мене 8,0 ч;

Рабочие условия эксплуатации прибора:

- температура окружающего воздуха от 0 до 40°C
- относительная влажность воздуха при температуре окружающего воздуха 25°C, 65±15%
- атмосферное давление 86-107 кПа.

2. Источники питания MPS 3003

Основные технические характеристики:

Многооборотный регулятор для точной установки напряжения, последовательное и параллельное соединение 2х каналов: автотрекинг, 2-х полярный выход, режимы работы: стабилизация тока, напряжения и динамическая нагрузка, индикация: 3-разрядные LED-дисплеи на ток и напряжение, защита от перегрузки и переплюсовки, электронное отключение нагрузки 2 вентилятора охлаждения, включен в Госреестр средств измерений, регистрационный номер 32050-06.

- выходное напряжение 30 В.

- ток 3 А.
 - уровень пульсаций 1 мВ.
 - количество каналов 2 + 1.
 - дополнительный канал 5В/3А.
 - точность установки 0.1В/0.01А.
 - влияние нагрузки 0.01% ±3мВ.
 - влияние сетевого напряжения 0.01% ±3мВ.
 - размер 155x375x255 мм.
2. Цифровой миллиамперметр.
 3. Заготовка светодиода.
 4. Соединительные провода.
 5. Фотометрический шар.
 6. Люминофор.
 7. Компаунд.
 8. Весы электронные.
 9. Электропечь
 10. Микроскоп.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Приготовить люминофорную композицию в соответствии с инструкцией преподавателя.
2. Под микроскопом нанести люминофорную композицию на кристалл светодиода в отражатель под микроскопом.
3. Поместить светодиод в электропечь и высушить люминофорную композицию.
4. Проверить визуально, что люминофорная композиция загерметизировать.
5. Собрать схему включения светодиода с источником питания и миллиамперметром.
6. Поместить светодиод в фотометрический шар, при этом обеспечить изоляцию соединительных проводов, подводимых к светодиоду.
7. На источнике питания установить стабилизацию по значению прямого тока.
8. На источнике питания задать прямой ток при котором у светодиода начинается свечение, измерить значение прямого напряжения и светового потока.
9. Проводя измерения величин по п.8, повышать значение тока с шагом 10 мА.
10. Все данные результатов измерений записывать.
11. Рассчитать значение световой отдачи.

12. Построить график зависимости светового потока от прямого тока.
13. Построить график зависимости световой отдачи от прямого тока.
14. Ответить на контрольные вопросы.
15. Написать отчёт.

Контрольные вопросы

1. Чем объясняется «спад» значений светового потока и световой отдачи при высоких значениях прямого тока?
2. Какой рабочий режим по значению прямого тока наиболее подходит для светодиодов данного типа?
3. Если на графике зависимости световой отдачи от прямого тока в начальный период, при низких значениях тока, провести линию, чем будет объясняться угол наклона этой линии?